

Вывод.

Установлена зависимость выходного сигнала трансформаторного накладного ВТП от тока возбуждающей обмотки, взаимной индуктивности, эффективного импеданса дефекта, частоты. Из полученных соотношений следует, что собственные индуктивности обмоток не влияют на полезный сигнал, а взаимная индуктивность между обмотками должна быть минимальна. Полезный сигнал пропорционален произведению взаимоиндуктивностей каждой из обмоток ВТП и контролируемого образца с дефектом. Катушки преобразователя должны быть перпендикулярны друг другу.

Список литературы: 1. В.В. Клюев, Ю.К. Федосенко, В.Ф. Мужичицкий. Вихретоковый контроль: современное состояние и перспективы развития // В мире неразрушающего контроля. – 2007. – №2. – с.4-9. 2. Г.М. Сучков, Ю.В. Хомяк. Развитие возможностей вихретоковой дефектоскопии // Методы та прилади контролю якості. – 2006. – № 17. – с.3–7. 3. В.Н. Учанин, В.В. Черленевский. Вихретоковый дефектоскоп для обнаружения поверхностных трещин // Сб. «Физические методы и средства контроля сред, материалов и изделий», 1999, с. 108–110. 4. Неразрушающий контроль: Справочник: В 8 т. Под общ. ред. В.В.Клюева. Т 2: В 2 кн. – М.: Машиностроение, 2003. – 688 с: ил. Вихретоковый контроль. Книга 2 / Ю.К.Федосенко, В.Г.Герасимов, А.Д.Покровский, Ю.Я.Останин. 5. Теоретические основы электротехники: Учебник для вузов. К. С. Демирчян, Л. Р. Нейман, Н. В. Коровкин, В. Л. Чечурин. СПб.: Питер, 2004. 483 с. 6. Колесников В. В. Основы теории цепей. Установившиеся режимы: текст лекций / В. В. Колесников; ГУАП.– СПб., 2006 – 101 с.: ил. УДК 620.170.14

Г. М. СУЧКОВ, д.т.н., проф. каф. ПМНК НТУ «ХП»
К. Л. НОЗДРАЧОВА, аспірант каф. ПМНК НТУ «ХП»

ПІДВИЩЕННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ Й НАДІЙНОСТІ ВИЯВЛЕННЯ ДЕФЕКТІВ В СТРИЖНЯХ

В статье освещены результаты исследований по разработке новой технологии контроля длинномерных изделий. Приведены результаты экспериментальных исследований по выявляемости протяженных дефектов в образцах круглого и шестигранного сечения. Показано, что такие дефекты можно обнаружить объемными волнами без сканирования всей поверхности изделия.

In the article the new method of improvement of technology of the control of lengthy products is considered. Results experimentally revealed extensive defects in samples round and hex sections are presented. It is experimentally shown, that such defects can be found out volume waves without scanning of a surface of a product.

Вступ. При стрімкому розвитку промисловості та застосуванні нових конструкційних матеріалів і технологічних процесів виробництва постала проблема розробки нових методів неруйнівного контролю, які могли б надійно та без зайвих затрат виявити дефекти виробів [1]. У теперішній час катані вироби з різних металів і сплавів використовують практично у всіх галузях промисловості. У зв'язку із цим неруйнівний контроль прокатки перед їхньою подальшою обробкою здобуває величезне значення, дозволяючи заощаджувати великі кошти. Для контролю прокатаних стрижнів застосовують різні методи: акустичні, рентгенівські, магнітні, теплові, електромагнітні, капілярні й ін. Але, першим за обсягом застосування в промисловості методом неруйнівного контролю є акустичний, котрий бурхливо розвивається й вважається одним з найбільш універсальних методів. За допомогою цього виду контролю у výroбах можна виявляти сторонні включення, пористість, тріщини, усадочні раковини, зони ліквідації, флокени, області внутрішніх напружень і т.п.

Постановка задачі. При виготовленні литих та прокатаних довгомірних виробів, внаслідок порушення технологічного процесу, можуть виникати дефекти які розташовані як поперек об'єкту так і витягнуті вздовж нього [2]. Дефекти можуть привести до погіршення характеристик або навіть виходу з ладу виробу, виготовленого з такого матеріалу. Тому, розробка нової технології високопродуктивного контролю, що дозволяє виявляти дефекти катаних стрижнів без сканування поверхні виробу є актуальною задачею для господарства України.

Щоб виріб був перевірений у повному об'ємі кожний елементарний об'єм металу повинен бути «прозвучений» у трьох взаємноперпендикулярних напрямках або близьких до них [3]. Якщо ця умова не виконується контроль вважається неповним. Надійність такого контролю недостатня, він дуже громіздкий та займає багато часу.

Основна частина. Для вирішення задачі, яка б дозволяла виявляти дефекти без сканування поверхні виробу розроблена нова технологія, що заключається в ефективному застосуванні ефектів дифракції для виявлення дефектів в стрижнях. Фізичну суть процесу можна пояснити за допомогою рис. 1. При збудженні імпульсів зсувних SV-хвиль під кутом β і їх розповсюдженні в стрижні відбувається їхня трансформація в інші види хвиль, наприклад SV-хвиля, відбиваючись від поверхні виробу породжує собі подібну SV-хвилю, поверхневу S_R та позовжню L, в свою чергу SV-хвиля що виникла при трансформації породжує таку ж сукупність хвиль і так далі. Їхня кількість лавиноподібно зростає. Якщо на шляху розповсюдження зустрічається дефект, то на його кінцях деякі із сформованих імпульсів дифрагують. Частина дифрагованих хвиль розповсюджується у напрямку перетворювача (рис. 2). Таким чином фіксується наявність дефекту та його місцеположення.

Для перевірки описаної технології була розроблена блок-схема дослідницької установки (див. на рис. 2).

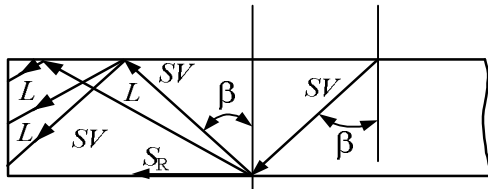


Рисунок 1 – Схема поширення ультразвукових імпульсів у стрижні:
SV – вертикально поляризовані хвилі; L – позовжні хвилі; S_R – поверхневі хвилі; β – кут падіння та відбиття SV хвиль

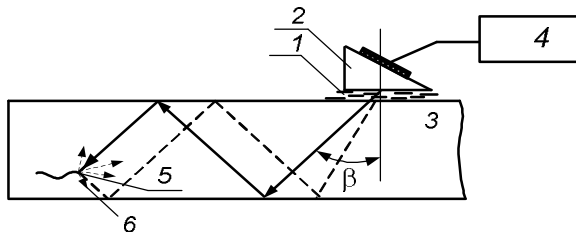


Рисунок 2 – Блок-схема установки для відпрацювання параметрів технології високопродуктивного контролю стрижнів:

1 – контактна рідина; 2 – ПЕП для похилого введення УЗК в стрижень; 3 – стрижень; 4 – серійний УЗ дефектоскоп; 5 – дефект; 6 – дифракційні відлуння

стрижнів круглого та шестигранного перетину із сталі марки АС35Г2 та АС14 довжиною $l = 3 \dots 6$ м зі штучними дефектами підтвердили наявність відлуння від цих дефектів. Аналіз результатів досліджень дав можливість розробити нову технологію контролю, яка заключається в наступному: ультразвуковий дефектоскоп 4 (УД2-70) за допомогою похилого перетворювача 2 через контактну рідину 1 збуджує в стрижні 3 імпульси ультразвукових коливань (SV – хвилі під кутом β) із частотою заповнення 1,8 МГц. Хвилі, перевідбиваючись від границі виробу й трансформуючись, поширюються уздовж стрижня 3 до його торця (див. рис. 1). Відбившись від торця сформована група хвиль знову відбиваючись і трансформуючись вертається до того ж або іншого прийомного п'єзоелектричного перетворювача. При наявності в стрижні витягнутого уздовж осі дефекту 5 пакет імпульсів 6 дифрагує на його торці й неоднорідностях поверхні, формує відповідний пакет у напрямку ПЕП (див. рис. 2).

У подальшому виконанні дослідження 490 шт. стрижнів з реальними дефектами ВАТ «Сіровського

металургійного заводу» зі сталі марки АС35М2 довжиною 4,5 м, діаметром 21 мм. Забраковано 71 прутків. Традиційним методом виявлено тільки 24 дефектних стрижня. Чутливість дефектоскопа налаштовували по контрольному зразку зі штучним дефектом – отвір $\varnothing = 2$ мм глибиною 10 мм. Типові реалізації (А-скани) наведені на рис. 3-8. Результати виявлення дефектів підтверджені металографічним методом (виконаним по методу Брегга).

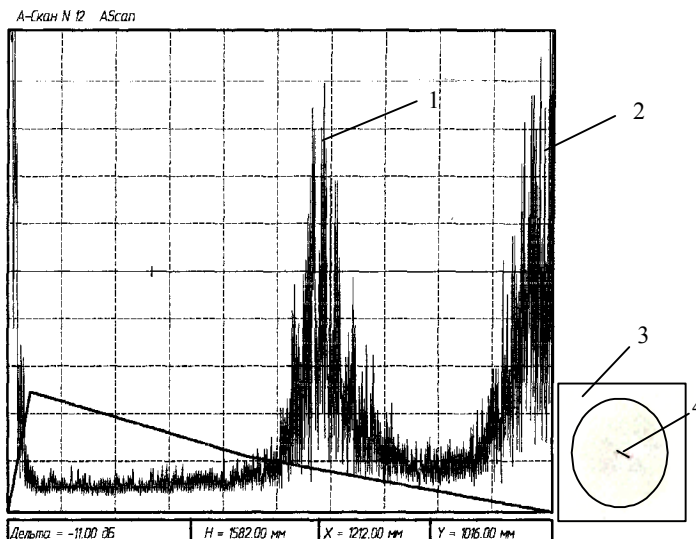


Рисунок 3 – Реалізація на екрані дефектоскопу з сигналами від дефекту і торця стрижня:

1 – сумарний комплект імпульсів від дефекту 4; 2 – сумарний комплект імпульсів від торця стрижня; 3 – форма та положення позовжнього дефекту в перетині стрижня (відбиток з методом Брегга); 4 – дефект по центру стрижня у

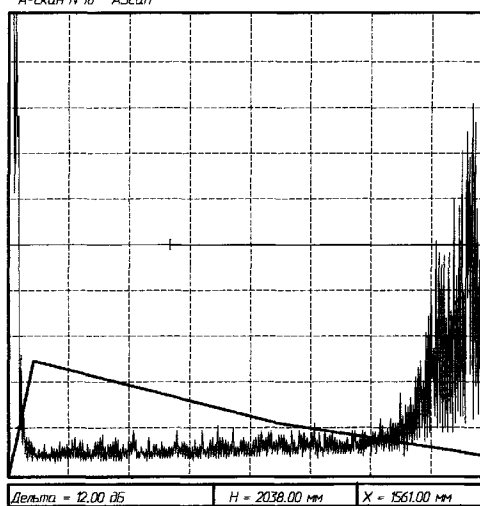


Рисунок 4 – Реалізація на екрані дефектоскопу з сигналами від дефектів і торця стрижнів:
1 – сумарний комплект імпульсів від дефекту; 2 – сумарний комплект імпульсів від торця стрижня (відбиток за методом Брегга); 3 – форма та положення поздовжнього дефекту в перетині стрижня (відбиток за методом Брегга); 4 – дефект у вигляді тріщини біля поверхні виробу

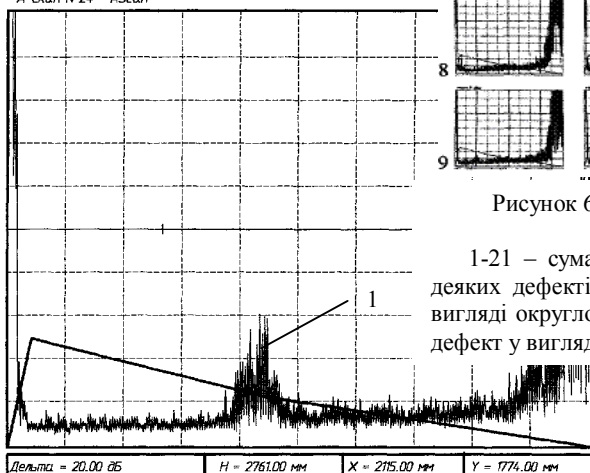


Рисунок 5 – Реалізація на екрані дефектоскопу з сигналами від дефекту і торця стрижня:

1 – сумарний комплект імпульсів від дефекту; 2 – сумарний комплект імпульсів від торця стрижня; 3 – форма та положення поздовжнього дефекту в перетині стрижня (відбиток за методом Брегга); 4 – дефект у вигляді тріщини біля поверхні стрижня

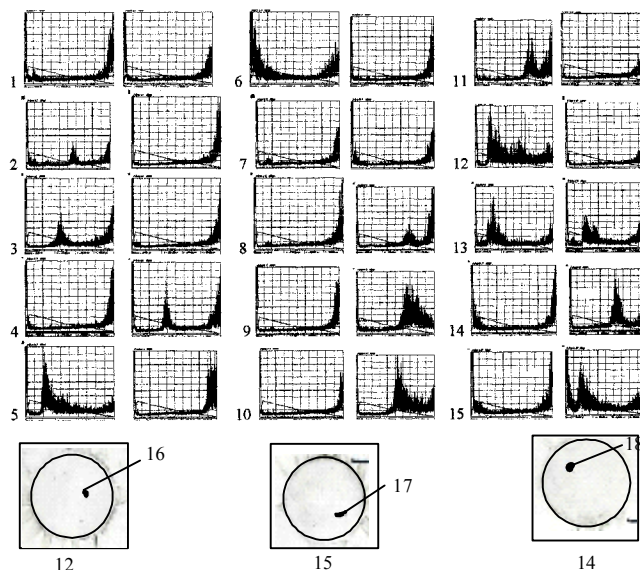


Рисунок 8 – Реалізація на екрані дефектоскопу з сигналами від дефектів і торця стрижнів:

1-15 – сумарні комплекти імпульсів від дефектів; 12, 15, 14 – форма та положення дефектів в перетині стрижнів (відбиток за методом Брегга); 16 – дефект у вигляді округлого включення свинцю, зміщеного у сторону від центра стрижня; 17 – дефект у вигляді витягнутого включення свинцю, розміщеного біля поверхні стрижня

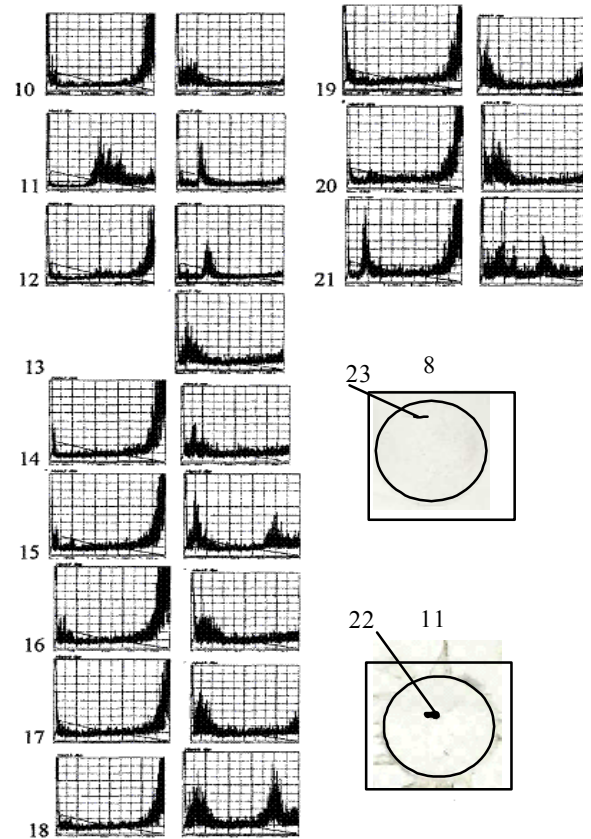


Рисунок 6 – Реалізація на екрані дефектоскопу з сигналами від дефектів і торця стрижнів:

10-21 – сумарні комплекти імпульсів від дефектів; 8, 11 – форма та положення деяких дефектів в перетині стрижнів (відбиток за методом Брегга); 22 – дефект округлого включення свинцю, зміщеного у сторону від центра стрижня; 23 – дефект у вигляді тріщини біля поверхні виробу

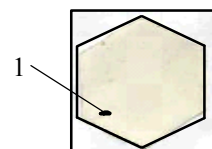


Рисунок 7 – Фотографії відбитків по методу дефектів у прутках ш 1 – дефект у вигляді тріщини біля поверхні округлого включення свинцю, змі

Висновки:

Аналіз отриманих результатів дав можливість зробити наступні висновки:

1. Розроблений метод дозволяє підвищити надійність виявлення дефектів, оскільки з його допомогою можна виявляти внутрішні дефекти поздовжнього типу в стрижнях незалежно від їхнього розташування в перетині, форми дефекту та матеріалу його заповнення.

2. Новий метод має високу продуктивність, оскільки дозволяє контролювати стрижні довжиною до 6 м з 3-4 установок п'єзоелектричного перетворювача, який вводить ультразвукові хвилі

під кутом 50° до утворюючої стрижня.

Список літератури: 1. Патон Б. Є., Троїцький В. О., Посипайко Ю. М. Неруйнівний контроль в Україні // Інформ. бюл. Українського товариства неруйнівного контролю та технічної діагностики. 2003. № 2(18). С. 5-9. 2. ГОСТ 21120-75 «Прутки и заготовки круглого и прямоугольного сечения» 3. Вовилкин А.Х. Дифракционные методы в ультразвуковом неразрушающем контроле // М.: изд. НТО «Приборпром», 1989. 73 с.

УДК 620.179.14

Г.М. СУЧКОВ, проф. доктор техн. наук, НТУ «ХП»

О.В. ДЕСЯТНИЧЕНКО, аспірант, НТУ «ХП»

МОДЕЛЮВАННЯ ЕЛЕКТРОМАГНІТНО – АКУСТИЧНОГО ПЕРЕТВОРЮВАЧА

Проведен анализ математических моделей электромагнитно – акустического преобразователя. Предложены методы построения моделей. Приведены результаты исследований построенных моделей, сравнение с данными реальных измерений. Выделены недостатки, предложены пути повышения качества моделирования.

The analysis of some variants of mathematical model electromagnetic – acoustic converter is carried out. Methods of construction of such model are offered. Results of researches of the constructed models, comparison with the data of real measurements are resulted. Lacks are allocated, ways of increase of reliability of modelling are offered.

Вступ. Електромагнітно – акустичні (ЕМА) методи контролю мають багато переваг, у порівнянні з іншими популярними методами [1]. Основними перевагами є: мала чутливість до якості обробки поверхні вимірюваного матеріалу; відсутність потреби використання контактної рідини; висока швидкість контролю; робота з матеріалами, що нагріті до високої температури [2]. В процесі розробки та пошуку методів побудови електромагнітно – акустичних перетворювачів (ЕМАП), оптимальних сигналів збудження та алгоритмів обробки вимірюваних даних постає задача створення математичної моделі та моделювання процесів у контрольованому матеріалі [3]. Такий підхід має спростити та значно прискорити процес пошуку оптимального набору алгоритмів обробки даних та їх параметрів. Крім того використання математичної моделі дасть змогу зберігати результати роботи для кожного з алгоритмів, для подальшого аналізу і порівняння [4]. Моделі дозволяють користуватися багатими бібліотеками функцій обробки сигналів математичного пакету, і лише на останньому етапі реалізовувати їх в реальному приладі, вже з обчисленими параметрами [5]. Тому проблема створення такої моделі є актуальною.

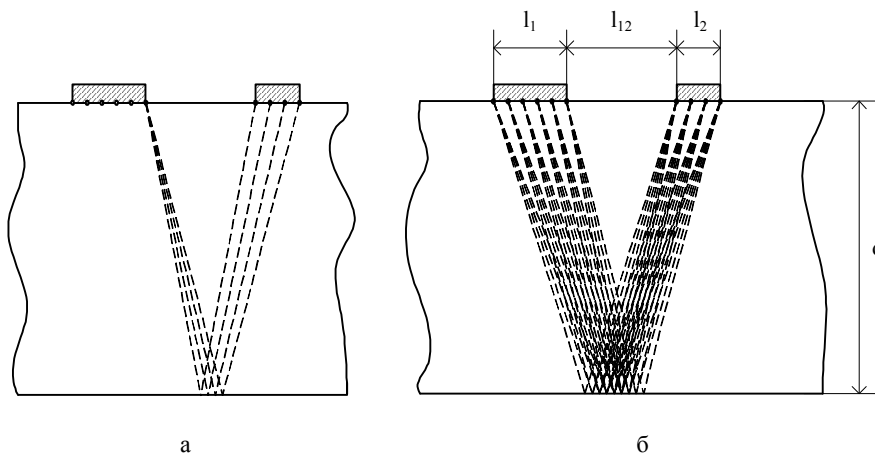


Рис. 1. Модель збуджуючого і приймаючого перетворювачів в геометричному наближенні.

датчики у вигляді математичних точок і процес моделювання розглядати як геометричну задачу [6]. На рис. 1а показано таке представлення датчиків, і нанесені напрямки для однієї точки передаючого ЕМАП. Усі інші напрямки у цієї точки даній задачі не розглядаються. На рис. 1б показані усі напрямки для даних точок. Кожен з датчиків характеризується своїми розмірами l_1 та l_2 , а також кількістю випромінюючих або приймаючих точок n_1 та n_2 відповідно. Також для вирішення геометричної задачі необхідні дані про відстань між датчиками l_{12} , товщу матеріалу d та коефіцієнт згасання k . Відстань, що проходить сигнал обчислюється за теоремою Піфагора. В першому наближенні припускається, що передавач випромінює сигнал з однаковою інтенсивністю по всій площі, а приймач – відповідно приймає з однаковою чутливістю по всій своїй площі. Після прийняття, дані для кожної з точок складаються. Як видно з рис. 1б сигнали проходять різні відстані, а отже, мають згасати по різному [1].

Моделювання показало, що при використанні створеної моделі отримувані результати відрізняються від результатів реальної системи. Тому було проведено вдосконалення моделі. Було зроблено припущення, що інтенсивність випромінювання (чутливість прийому) точки залежить від її положення на площі датчика. Так, наприклад, точки що знаходяться ближче до геометричного центру робочої площі ЕМАП мають більшу інтенсивність, ніж точки біля її країв. Введено функцію розподілення інтенсивності за точками датчиків. Такий

Основна частина. Для створення моделі доцільно представити передаючий ЕМАП як випромінюючу поверхню об'єкту контролю (ОК), від якої акустичне поле розповсюджується у усіх напрямках. І хоча в реальному ЕМАП збудження акустичних хвиль безперервне для усієї площі датчика, в моделі він представлений у вигляді дискретних математичних точок, що формують акустичне поле. При цьому приймаючий датчик слід визначити у вигляді сукупності точок, кожна з яких фіксує однаково сигнали під різними кутами. Виходячи з цього припущення можна представити передаючий та приймаючий